

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 33 045 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 29 C 45/53
B 22 C 9/06

②1 Aktenzeichen: 195 33 045.5
②2 Anmeldetag: 7. 9. 95
④3 Offenlegungstag: 13. 3. 97

⑦1 Anmelder:
Betz, Gerhard, Dr.-Ing., 45478 Mülheim, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Dauergießform für Kunststoff-, Metall- und Glasguß

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Dauergießform insbesondere zur Herstellung von Kunststoff-Spritzgußteilen, Metall-Druckgußteilen und Glasgußteilen, bei der die formgebende Oberfläche synchron mit dem Spritz- oder Gießzyklus schwellartig erwärmt und gekühlt wird. Hierzu besitzt die Dauergießform an der Formoberfläche oder dicht unter der Formoberfläche einen beheizbaren und kühlbaren Wärmeleitkörper, der in kürzesten Reaktionszeiten die Formoberfläche beheizen oder kühlen kann. Der Wärmeleitkörper wird nach hinten abgestützt oder ist eingebettet in einen erheblich schlechter wärmeleitenden Formkörper. Mit der erfindungsgemäßen Dauergießform und dem erfindungsgemäßen Verfahren kann erreicht werden, daß beispielsweise beim Kunststoffspritzguß während des Einspritzvorganges die Formwand auf die Spritztemperatur vortemperiert ist und somit während der Formfüllung keine Abkühlung der Kunststoffmasse eintritt. Die sofort nach Abschluß der Formfüllung wirksame Kühlung sorgt für eine höchstmögliche Wärmeentzugsgeschwindigkeit, wobei die Temperatur des Kühlmediums nach Bedarf eingestellt werden kann. Unter Anwendung des erfindungsgemäßen Prinzips gelingt es, die Zykluszeit zu verkürzen, den Spritzdruck und die Zuhaltekraft der Form zu verringern und die Lebensdauer der Form zu verlängern. Des weiteren werden sprunghafte Qualitätsverbesserungen hinsichtlich Maßhaltigkeit und Gefügestruktur erreicht.

DE 195 33 045 A 1

DE 195 33 045 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Dauergießform nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9 und ein Herstellungsverfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 20.

Für Dauergießformen kommt dem Wärmehaushalt aus Wirtschaftlichkeits- und Qualitätsgründen eine überragende Bedeutung zu.

Die Herstellung von Kunststoffteilen im Spritzgieß- oder Spritzpressverfahren ist durch die sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffes sowie die hohe Temperaturempfindlichkeit seiner physikalischen und mechanisch-technologischen Eigenschaften gekennzeichnet. Die Wärmeleitfähigkeit liegt mit 0,3 W/mK um den Faktor 100 niedriger als diejenige von Stahl und um den Faktor 1000 niedriger als diejenige von Kupfer. In der Spritzgußfertigung muß deshalb aus wirtschaftlichen Gründen mit einer möglichst niedrigen Formtemperatur gearbeitet werden. So liegen bei Einspritztemperaturen des Kunststoffes zwischen 150 und 300°C die Formtemperaturen zwischen 10 und 90°C.

Bei amorphen Kunststoffen entsteht durch Vorerstarung und Abkühlung in Formwandnähe bereits während der Formfüllung eine Molekülorientierung, die zu unerwünschten anisotropen Bauteileigenschaften führt. Innere Spannungen, Schwindungsunterschiede, Verzug und Maßabweichungen sind weitere Folgen einer ungünstigen Temperaturführung. Bei teilkristallinen Werkstoffen kommt noch die Entstehung amorpher Randzonen hinzu, die später im Bauteil mit der Folge erheblicher Maßänderungen nachkristallisieren.

Zur Erzielung kürzer Zykluszeiten und geringer Schrumpfungen wird die Kunststoffmasse so kalt wie möglich in eine ebenfalls möglichst kalt gehaltene Form eingespritzt. Dies führt aber zu hohen Spritzdrücken, hohen Zuhaltekräften und einem hohen Formenverschleiß. In zahlreichen Fällen verwendet man sogar Formen oder Formteile aus Kupfer, um eine hohe Wärmeableitung in die massive Form zu erreichen. Nachteilig ist hierbei allerdings, daß sich der Kunststoff bereits während des Einspritzens rasch an der Formwand abkühlt und die Formfüllung erschwert.

Beim Metall-Druckguß, beispielsweise zur Herstellung von Zinkformteilen, besteht eine ähnliche Problematik. Die Form wird möglichst kalt betrieben, um zu einer kurzen Zykluszeit zu gelangen. Die Verwendung von Kupfer als Formenmaterial scheidet aber aus, da durch den raschen Wärmeentzug beim Eingießen die Schmelze vorerstarren würde und auf der anderen Seite bei Verwendung einer Wasserkühlung die Form zu rasch unterkühlen und die erforderliche Formoberflächentemperatur von mindestens 150–200°C insbesondere bei Unterbrechungen des Gießprozesses sofort unterschritten würde.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Dauergießform bzw. ein Verfahren zu schaffen, mit dem es gelingt, die Taktzeit erheblich zu verkürzen und gleichzeitig die Qualität der Gußteile deutlich zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Dauergießform mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 1, ein Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 9 und eine Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 20 gelöst.

Der Lösung der Aufgabe gelingt durch die Anwendung eines direkt an der Formkontur anliegenden oder dicht dahinter befindlichen Wärmeleitkörpers, der aus

einem Werkstoff hoher Wärmeleitfähigkeit besteht, in seinem Innern ein Heiz- und Kühlsystem beherbergt, in seiner Dicke möglichst gering gehalten wird und in einen Formenwerkstoff deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit eingebettet ist.

Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Wärmeleitkörpermateri- als, die nur geringe Wärmekapazität des dünn gehaltenen Wärmeleitkörpers, der ungehinderte Wärmeübergang zur Formkontur sowie die nur geringe Wärmeableitung in den hinteren Bereich der Form verschaffen dem erfindungsgemäßen Wärmeleitkörper die Eigenschaft einer kürzen thermischen Ansprechzeit und ermöglichen so die Anwendung einer schwellartigen Kühlung und Beheizung der konturgebenden Formoberfläche innerhalb des jeweiligen Gieß- oder Spritzzyklus. So kann der Schwellzyklus genutzt werden, um die Formoberfläche durch kurzzeitiges Beheizen zum Zeitpunkt des Eingießens auf eine erhöhte Temperatur bis höchstens zur Gießtemperatur vorzuwärmen und durch sofort nach abgeschlossener Formfüllung einsetzendes Kühlen rasch und dennoch sehr kontrolliert abzukühlen. Einzelne Formbereiche können je nach den Anforderungen unterschiedliche Temperaturzyklen erhalten.

Die kürzesten Ansprechzeiten sind dann gegeben, wenn der Wärmeleitkörper bis zur Formoberfläche reicht. Einem örtlich unterschiedlichen Wärmeangebot seitens des erstarrenden und abkühlenden Gußteiles und damit einer entsprechend erforderlichen, unterschiedlichen Wärmeableitung kann dadurch Rechnung getragen werden, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und der formgebenden Oberfläche ein deutlich schlechter wärmeleitendes Material wie beispielsweise Stahl plaziert wird, wobei über die zu wählende Schichtdicke dieses Materials der Wärmestrom festgelegt werden kann.

Für die Funktionsfähigkeit des Wärmeleitkörpers ist seine hochfeste und formschlüssige Verbindung mit allen ihn direkt berührenden Werkstoffen seiner Umgebung eine unbedingte Voraussetzung. Diese Eigenschaften werden erreicht durch Anwendung einer Hochdruck-Hochtemperatur-Diffusionsverbindung.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Dauergießform und des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß in eine auf Spritztemperatur vorgewärmte Form eingespritzt werden kann, wodurch die untere noch spritzbare Wanddicke erheblich abgesenkt und damit die Herstell- und Materialkosten deutlich vermindert werden können. Bei unveränderter Wanddicke kann auch die Spritztemperatur abgesenkt werden, was wiederum zu einem kürzeren Zyklus mit entsprechenden Kostenvorteilen führt. Durch die Vorwärmung werden ebenfalls die Reibungskräfte an der Formwand vermindert, so daß der Formverschleiß deutlich geringer ausfällt und die Lebensdauer verlängert wird.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß durch die exakt einstellbare Temperatur der Formoberfläche die kürzestmögliche Erstarrungs- und Abkühlzeit erreicht werden kann. Durch die Möglichkeit einer gleichförmigen und örtlich sowie zeitlich steuerbaren Formoberflächentemperatur kann die Maßhaltigkeit optimiert und reproduziert werden. Dasselbe gilt für die Molekülstruktur der Kunststoffteile.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher

erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch eine Dauergießform 1 mit einem entlang der Formkontur platzierten Wärmeleitkörper 2. Der Wärmeleitkörper besitzt einen in Abhängigkeit von der Gußteildicke und der erforderlichen thermischen Ansprechzeit dimensionierten Abstand 3' zur Formoberfläche bis hin zum Abstand Null. Im Innern des Wärmeleitkörpers ist ein Heiz- und Kühlsystem 5 untergebracht. Das Heizsystem 6 kann vorteilhafterweise als elektrischer Widerstandsheizkörper angeordnet sein. Es ist aber auch möglich, eine Beheizung mittels einer Thermoflüssigkeit über ein Rohrsystem vorzunehmen. Die Kühlung erfolgt durch ein im Wärmeleitkörper angeordnetes Kühlrohrsystem 7. Als Kühlmedium kann Wasser oder eine Temperierflüssigkeit verwendet werden. Nach hinten grenzt an den Wärmeleitkörper ein Werkstoff 8 deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit, vorzugsweise Stahl. Zur Formkontur hin wird ein Werkstoff 9 hoher Festigkeit, Verschleißbeständigkeit und Thermoschockbeständigkeit verwendet, beispielsweise ein Warmarbeitsstahl. Der gesamte Werkstoffverbund wird einschließlich der zu integrierenden Kühlkanäle und Heizwicklungen in einem Hochdruck-Hochtemperatur-Diffusionsprozeß zu einem festen Formkörper umgearbeitet. Anschließend wird die Formkontur 10 herausgearbeitet, wobei zwischenzeitlich noch die Wärmebehandlung durchgeführt wird.

Anhand von **Fig. 3** soll nun das Prinzip des erfindungsgemäßen wärmetechnischen Verfahrens anhand eines praktischen Zyklusverlaufes beschrieben werden. Zu Beginn des Gießzyklus befindet sich die Formkontur auf der gewünschten, erhöhten Temperatur 11, beispielsweise der Gießtemperatur. Noch während des Einspritzvorganges oder unmittelbar danach wird die Kühlung eingeschaltet, wodurch die Formkonturtemperatur innerhalb weniger Sekunden auf das für die Kühlung erwünschte Temperaturniveau 12 absinkt. Kurz vor Entnahme des Gußteiles wird die Kühlung abgestellt. Nach Entnahme des Gußteiles 13 wird die Heizung eingeschaltet, um die Formkontur wieder auf die zu Gießbeginn gewünschte Temperatur einzustellen. Der Vergleich mit der Zykluszeit 14'' für eine Stahlform zeigt die kürzere Zykluszeit bei Anwendung des neuen Verfahrens 15''.

Bei dem Herstellungsverfahren gemäß **Fig. 4** wird zunächst aus einem Formmetallblock ein Hohlraum mit der der Formkontur zugewandten Begrenzungsfläche des Wärmeleitkörpers herausgearbeitet. Anschließend wird die vordere Hälfte des zweiteilig angefertigten Wärmeleitkörpers in die von hinten ausgehöhlte Form eingelegt. Im nächsten Schritt werden die Kühl- und Heizsysteme platziert. Dann wird die zweite Hälfte des Wärmeleitkörpers eingelegt. Dahinter wird das Stützmaterial aus einem Formenwerkstoff geringer Wärmeleitfähigkeit gelegt. Das Gebilde wird nunmehr entsprechend **Fig. 4** vollständig gekapselt, gegebenenfalls evakuiert und mit Schutzgas gefüllt und einem Hochdruck-Hochtemperatur-Diffusionsprozeß unterworfen, durch den zwischen den einzelnen Teilen des Werkstoffverbundes eine feste metallische Verbindung hergestellt wird. Anschließend wird die Formkontur herausgearbeitet.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch auf anderen Anwendungsgebieten eingesetzt werden und zwar überall dort, wo Wärme rasch und gezielt, in einer räumlichen Anordnung und in zeitlichen Abläufen zugeführt und abgeführt werden muß.

Patentansprüche

1. Dauergießform für Kunststoff-, Metall- und Glasguß, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest ein Teil der Dauergießform in ihrer Formwand unter der formgebenden Oberfläche oder direkt austretend zur formgebenden Oberfläche einen Wärmeleitkörper aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit beherbergt, daß sich im Innern dieses Wärmeleitkörpers ein oder mehrere Kanalsysteme für eine Flüssigkeitstemperierung befinden, daß der Wärmeleitkörper zumindest auf der formkonturabgewandten Seite von einem Formenwerkstoff deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit umgeben ist, wobei das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeiten bei mindestens 3 : 1 liegt, daß die Schichtdicken des zwischen dem Wärmeleitkörper und der Formkontur befindlichen, konturgebenden verschleiß- und thermoschockbeständigen Formenmaterials in Abhängigkeit von den örtlich gewünschten Wärmestromdichten und thermischen Temperatur-Ansprechzeiten eingestellt ist.
2. Dauergießform nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich im Innern des Wärmeleitkörpers Heizwicklungen oder Heizdrähte einer elektrischen Widerstandsheizung befinden.
3. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Wärmeleitkörpers zwischen 1 und 30 mm liegt.
4. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Wärmeleitkörpers von der Formkontur zwischen 0 und 30 mm liegt.
5. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Wärmeleitkörpers aus einem Kupferwerkstoff besteht.
6. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das den Wärmeleitkörper umgebende Formenmaterial ein Warmarbeitsstahl ist.
7. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm nach außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen eine durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metall-diffusionsvorgang hergestellte formschlüssige und dauerhafte Verbindung besteht.
8. Dauergießform nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen ein weiterer Werkstoff vorhanden ist, der mit jedem am Werkstoffverbund beteiligten metallischen Werkstoff im festen Zustand jeweils eine vollständige Mischbarkeit besitzt.
9. Verfahren zur Temperierung von Dauergießformen für Kunststoff-, Metall- und Glasguß, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in einem Teil der Dauergießform die Temperatur der konturgebenden Formoberfläche durch einen unter der formgebenden Oberfläche oder direkt austretend zur formgebenden Oberfläche angeordneten, wärmeerzeugenden und wärmeableitenden Wärmeleitkörper innerhalb des Gießzyklus schwellartig in der Weise verändert wird, daß die Formoberfläche vor dem Eingießen auf eine gewünschte erhöhte Temperatur, höchstens jedoch auf Gießtemperatur,

erwärmt und unmittelbar nach dem Gießvorgang oder zu einem vorgegebenen Zeitpunkt auf eine gewünschte Abkühltemperatur oder ein Abkühltemperaturintervall abgesenkt wird und sich dieser Vorgang bei jedem Gießzyklus wiederholt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die schwellartige Kühlung oder Erwärmung der Formoberfläche durch eine Flüssigkeitstemperierung über ein im Innern des Wärmeleitkörpers angeordnetes Kanalsystem erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die schwellartige Erwärmung der Formoberfläche durch eine elektrische Widerstandsbeheizung, die im Innern des Wärmeleitkörpers angeordnet ist, erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß örtlich unterschiedliche Wärmestrome von der Formoberfläche zum Wärmeleitkörper durch eine Festlegung des Abstandes zwischen dem Wärmeleitkörper und der Formoberfläche erreicht werden, wobei dieser Abstand im umgekehrten Verhältnis zur jeweiligen örtlichen Gußteilwanddicke stehen soll.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeleitfähigkeiten von Wärmeleitkörper und Formenmaterial mindestens das Verhältnis 3 : 1 aufweisen.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Wärmeleitkörpers aus einem Kupferwerkstoff besteht

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das den Wärmeleitkörper umgebende Formenmaterial ein Warmarbeitsstahl ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Wärmeleitkörpers von der Formkontur zwischen 0 und 30 mm liegt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Wärmeleitkörpers zwischen 1 und 30 mm liegt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm nach außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen eine durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metalldiffusionsvorgang hergestellte formschlüssige, dauerhafte Verbindung besteht.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen ein weiterer Werkstoff vorhanden ist, der mit jedem am Werkstoffverbund beteiligten metallischen Werkstoff im festen Zustand jeweils eine vollständige Mischbarkeit besitzt.

20. Verfahren zum Herstellen einer Dauergießform für Kunststoff-, Metall- und Glasguß, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Wärmeleitkörper aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit hergestellt wird,

daß in diesen im Ausgangszustand gegebenenfalls aus mehreren Einzelteilen bestehenden Wärmeleitkörper ein Rohrsystem für eine Flüssigkeitstemperierung eingelegt oder eingesetzt wird,

daß der Wärmeleitkörper mit Rohrsystem in die passend gearbeitete Höhlung eines massiven oder

aus mehreren Teilen und aus einem oder mehreren Materialien bestehenden Formkörpers eingesetzt wird,

daß die Einbauöffnung des Formkörpers mit einem aus einem Formenmaterial bestehenden Einlege-
teil verschlossen wird,

daß die Rohrenden des in den Wärmeleitkörper eingelegten Rohrsystems aus dem zusammenge-
setzten Gebilde herausragen,

daß das gesamte Gebilde mit Ausnahme der Innenräume der herausragenden Rohrenden zur Umgebung vakuum- und druckdicht verschlossen oder gekapselt wird,

daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm nach außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen eine formschlüssige und dauerhafte Verbindung durch einen Hochtemperatur-Hochdruck-Metalldiffusionsvorgang hergestellt wird, bei dem die Temperatur zwischen 750°C und 1250°C und der Druck zwischen 100 und 2500 bar eingestellt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß im Innern des Wärmeleitkörpers Heizwicklungen oder Heizdrähte einer elektrischen Widerstandsheizung angeordnet sind.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeleitfähigkeit des Wärmeleitkörpermaterials zu der Wärmeleitfähigkeit des auf der formkonturabgewandten Seite am Wärmeleitkörper anliegenden Formenmaterial im Verhältnis von mindestens 3 : 1 steht.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Wärmeleitkörpers zwischen 1 und 30 mm liegt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Wärmeleitkörpers von der Formkontur zwischen 0 und 30 mm liegt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Wärmeleitkörpers aus einem Kupferwerkstoff besteht

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das den Wärmeleitkörper umgebende Formenmaterial ein Warmarbeitsstahl ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Wärmeleitkörper und den an ihm außen und im Innern anliegenden metallischen Werkstoffen ein weiterer Werkstoff vorhanden ist, der mit jedem am Werkstoffverbund beteiligten metallischen Werkstoff im festen Zustand jeweils eine vollständige Mischbarkeit besitzt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

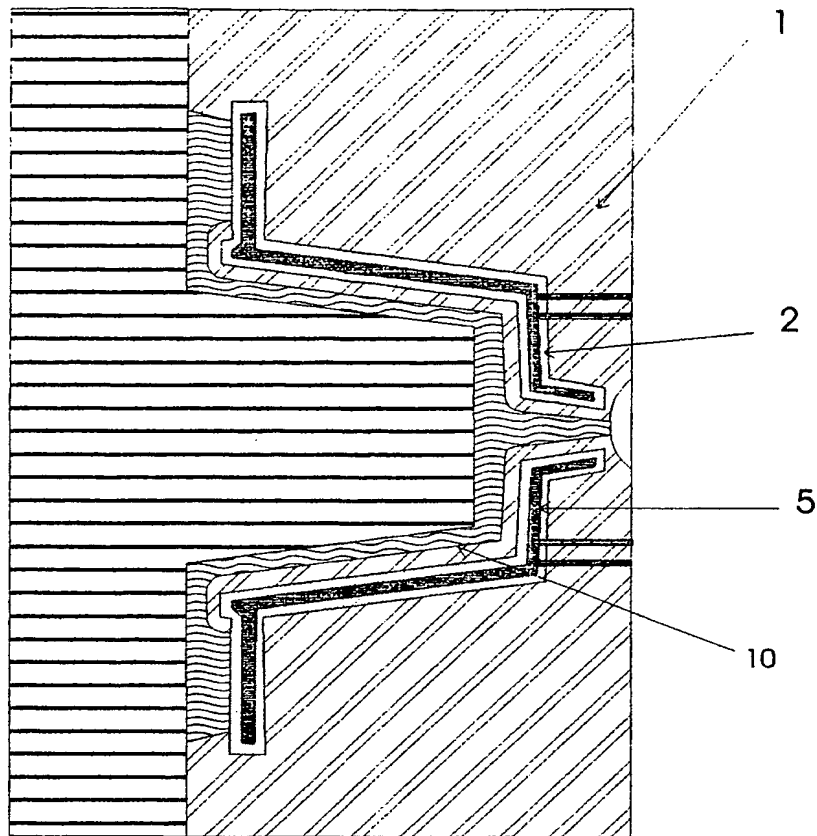


Fig. 1

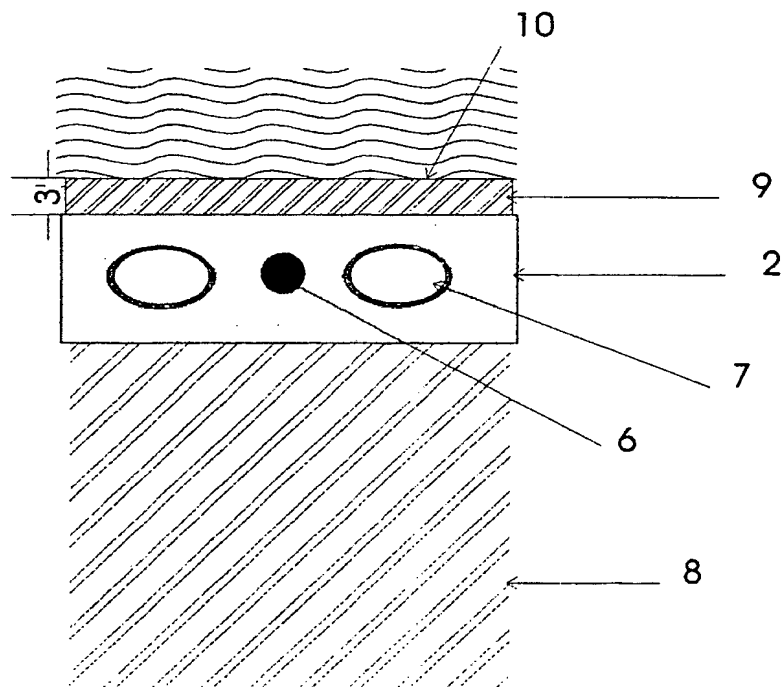


Fig. 2

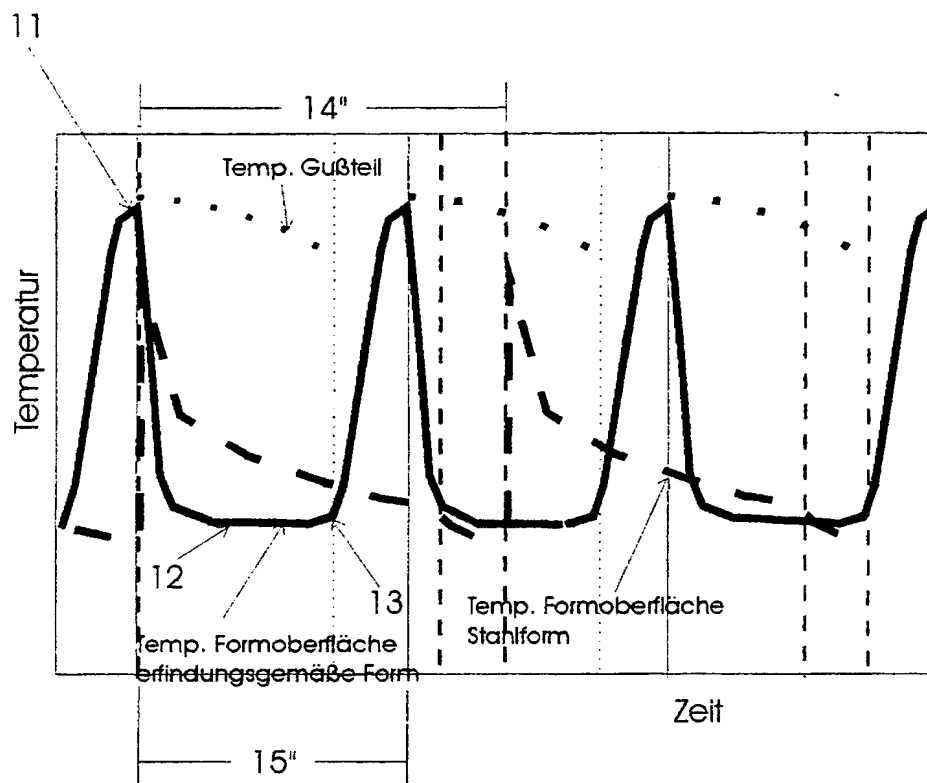


Fig. 3